

A TÁMASZ STRUKTÚRA FOGAZAT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA LÉZERSUGARAS, FÉMPORÁGYAS ADDITÍV GYÁRTÁSNÁL

INVESTIGATING THE EFFECT OF THE SUPPORT TOOTH IN CASE OF SLM TECHNOLOGY

Varga Ferenc László, PhD hallgató, Dr. Markovits Tamás egyetemi docens, BME GJT

ÖSSZEFOGLALÁS

A lézersugaras, fémporágyas additív gyártásnál (SLM) a munkadarabokat egy platformhoz kell rögzíteni, ahhoz, hogy elkészülhessenek. Ezt a rögzítést úgynevezett támasz struktúrákkal lehet létrehozni. Ezen támasz (szupport) struktúráknak különböző fajtái és ezeken belül különböző állítható paramétereik vannak. A paraméterek helyes beállítása nagy hatással van a nyomtatott modellek tulajdonságaira, valamint arra, hogy a támasz megfelelően elássa feladatait. Ezek a feladatok a munkadarabok kellően erős mechanikai rögzítése, valamint a keletkezett hő elvezetése. Amennyiben a modell támasz kapcsolat túl erős, akkor nehéz a szupport eltávolítása a nyomtatott modelltől, ha pedig nem elég erős, akkor akár a nyomtatási folyamat közben elválhat, ezáltal megakadályozza a nyomtatás sikerességét. A bemutatott kutatás célja az alkalmazott támasz struktúra fogazat paramétereinek hatása a nyomtatott modellek minőségére és egyéb jellemzőire. A kapott eredmények alapján a fogazat kialakítását megfelelően lehet tervezni a későbbiekben a nyomtatásnál.

ABSTRACT

In to dispose of its tasks properly case of Selective Laser Melting (SLM) technology, workpieces must be fixed to a platform before they can be finished. This fixturing can be created with so-called support structures. These support structures have different types and various adjustable parameters. Setting the parameters correctly will greatly affect the properties of the printed models as well as the ability of the support to dispose of its tasks properly. These tasks are to hold the workpieces with sufficient strength and to conduct the generated heat. If the strength of the connection is too strong on that case it will be difficult to remove the support from the printed model, and if it is not strong enough, it will prevent successful printing. The aim of the presented research is to determine the influence of the

tooth parameters of the applied support structure on the quality and other characteristics of the printed models. Based on the results the effect of the tooth can be properly planned later in the printing process.

1. BEVEZETÉS

Az SLM eljárás során a munkadarabok rétegről rétegre épülnek fel. A rétegekben az anyagfelhasználás minimalizálható, mivel ideális esetben mindig csak annyi anyagot használnak fel, amennyi feltétlenül szükséges a nyomtatott modell adott rétegének elkészítéséhez. Másik előnye ennek az eljárásnak, hogy a más eljárásokkal nehezen vagy nem megmunkálható, komplex geometriák kialakítása is lehetséges. Az SLM eljárás során a lézerfolt szkenneli a fémporágy meghatározott területét és megolvasztja azt. A szkennelés pályáját a modell adott keresztmetszete határozza meg és ezt a választott szkennelési stratégiával végzi el a lézerberendezés. A folyamat addig ismétlődik, amíg a munkadarab el nem készül.

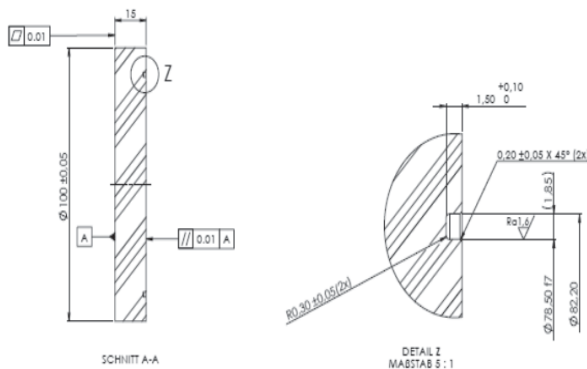
A munkatérben inert gáz áramlik azért, hogy a gyártás alatt védje a modellt az oxidációtól. A kutatásban használt EOS M100-as lézersugaras fémporágyas berendezés munkatere hengeres, amiben egy hengeres építési platform található. Erre a platformra kell rögzíteni a modellt. A rögzítést egy kiválasztott támasz struktúrával és paramétereinek beállításával hozzák létre. A paraméterek változtatásával lehet a rögzítés erősségét befolyásolni. A kutatás célja a szupport fogazás paraméterek hatásának meghatározása a szupport modell kapcsolatra vonatkozóan [1, 6].

2. AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLATOK

2.1. EOS M100 nyomtató berendezés és építési platformja

Az EOS M100-as egy lézeres additív gyártó berendezés, amely lézerrel dolgozik, melynek névleges teljesítménye 200 W. A berendezés munkatere henger alakú, amelynek mérete: \varnothing 100 x 95 mm. A berendezésben található 100

mm átmérőjű alaplapot a berendezés vákuummal rögzíti. A platform vastagsága 15 mm, de kismértékben eltérhet annak függvényében, hogy hányszor került felhasználásra. A gyártás után, ha a munkadarabokat eltávolították a platformról, a következő gyártást megelőzően a platform felszabályozása szükséges azért, hogy ismét síkfelületen kezdődhessen a rétegek terítése. A behelyezett platformot a berendezés a nyomtatást megelőzően előmelegíti azért, hogy az első réteg nyomtatása ne okozzon a munkadarabban nagy belső feszültségeket a magas hőmérséklet különbségek miatt. A platformot a gyártás teljes idejére rögzíti a gép, az operátor külön parancsára engedi el kizárólag a berendezés a nyomtatás befejezését követően a „tisztítása” folyamat alatt. Az 1. ábrán a platform műhelyrajza látható [4, 5, 6].

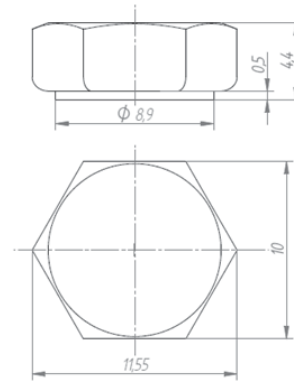


1. ábra. EOS M100 berendezés építési platformja

2.2. Mérési módszerek, felhasznált eszközök

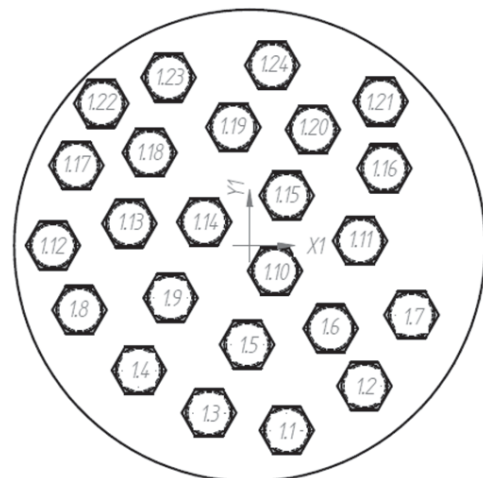
A kutatás e fázisában lecsavarási nyomaték kísérleteket végeztünk. A felhasznált próbatesszt egy M6-os csavarfej volt, melynek nyomtatott modellje a 2. ábrán látható.

A megtervezett próbatessztet adott kiosztás mellett helyeztünk el a platformon a Magic software segítségével. A kiosztáskor fontos szempont volt, hogy a dugókulcs feje, mellyel később lecsavarjuk az egyes darabokat, gond nélkül elférjen a darabok körül. Végül egy platformra 24 db csavarfejet tudunk elhelyezni



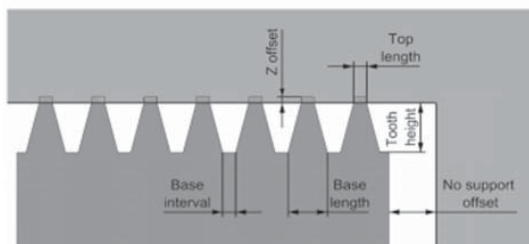
2. ábra. Nyomatékméréshez használt M6-os csavarfej geometriája

A csavarfejek és az építési platform közé különböző szupportokat terveztünk. A 24 próbatessztből 3 rendelkezett ugyanolyan paraméterekkel, vagyis összesen 8 különböző beállítású támasz struktúra egyidejű vizsgálata vált lehetővé. Az egyes beállításokhoz tartozó darabokat továbbá úgy helyeztük el, hogy a nyomtatótérben meghatározott 3 fő térrész mindegyikébe kerüljön 1-1 minta. A kiosztás a 3. ábrán látható.



3. ábra. Munkadarabok kiosztása a platformon

Az EOS 316L korrózió álló fémpor felhasználásával kezdtük a vizsgálatokat. A meghatározott cél az volt, hogy a block típusú támasz struktúra felhasználása esetén a „hatching”, „top length”, valamint a „z offset” paraméterek változtatása mellett figyeljük meg a nyomatékok változtatását. A fogazás egyes paramétereinek értelmezése a 4. ábrán látható.



Top length: Fogazás kapcsolódási hossza a munkadarabbal

Tooth height: Fogak magassága

Base interval: Fogak távolsága

Base length: Fogak alapjának hossza

No support offset: Szupportmentes rész távolsága

4. ábra. Támasz struktúra fogazat paraméterei

Az 1. táblázatban a fogazat azon paraméterei láthatóak, melyeket nem állítottunk át vizsgálatok alatt.

1. táblázat. Gyártások alatt állandó fogazási paraméterek

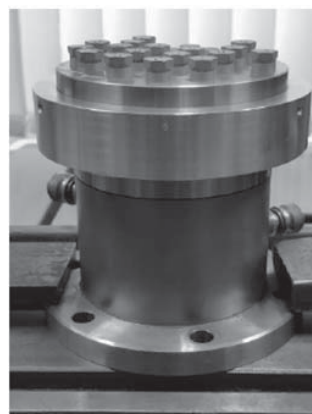
Jellemző megnevezése	Beállított érték [mm]
Tooth height	1
Base interval	0
Base length	0,6
No support offset	0

A változtatott paraméterek és értékeik a 2. táblázatban láthatóak egy adott meghatározott Z offset értéknél. Az üres cellák az egyes vizsgálati esetek, melyeknél adott z-offset mellett kívántuk a darabok lecsavarási nyomatékát megmérni.

2. táblázat. 0 Z-offset esetén vizsgálni kívánt paraméterek

Zoffset = 0	Hatching [mm]			
Top length [mm]	0,4	0,6	0,8	1
0,1				
0,15				
0,2				
0,3				
0,4				
0,6				

A meghatározott paraméter értékeket, korábbi mérések alapján választottuk ki. Nyilvánvalóvá vált, hogy melyek azok a lépésközök (top length esetében először 0,05 mm majd 0,1 mm), melyekkel megfelelően állíthatjuk be a támasz struktúrákat. Kezdetben 0 értékű Z-offset-tel vizsgáltuk a lecsavarási nyomatékokat, majd megismételtük a méréseket különböző Z offsetek esetén. Ezek alapján a -2 / +2 / +4, illetve +6 Z-offseteknek már csak adott paramétereit vizsgáltuk meg, így redukálni lehetett a vizsgálatok számát. A nyomaték-méréshez Kistler 9273-as típusú nyomaték-mérő cellát használtuk (5. ábra), mely lehetővé teszi az egyes nyomatékértékeknek a folyamatos (meghatározott mintavételezési frekvencia melletti) mérését és rögzítését. Az így kapott diagrammokból látható volt a nyomaték időbeni lefutása, de a vizsgálatoknál számunkra fontosabb volt, hogy meghatározható volt a csavaráskor fellépő maximális nyomaték érték.



5. ábra. Nyomaték-mérő KISTLER cella

A platformot befogjuk az erre a célra kialakított megfogóba, amely a nyomaték-mérő berendezéshez csatlakozik. A platformot az elfordulástól az oldalról betekert csavarok biztosítják. A mérőcella analóg villamos jele egy jelerősítőn és digitális átalakítón megy át egy adatrögzítő PC-be. Fontos, hogy a berendezést a használata előtt kalibráltuk egy ismert és meghatározott nyomaték mérésével. A kalibráción kívül a mérések során fontos volt odafigyelni a megfelelő méréstartomány kiválasztására is, hiszen a túl nagy tartományon való mérés pontatlanná teszi az eredményeket [1, 2, 3, 6]. A továbbiakban a 316L anyagra vonatkozó eredményeket mutatjuk be.

3. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

A 6. ábrán az első nyomtatott munkadarab látható. A korrózióálló 316L fémporból összesen 6 darab platformnyi nyomtatás készült el. Ezek közül az első nyomtatás sikertelen volt, mert az ott megválasztott paraméterekkel, a munkadarabok támasz struktúra utáni része felvált, és megakasztotta a terítő pengét. Az első nyomtatás során így kiderült, hogy milyen az a minimális erősségű támasz struktúra, ami még elegendő a kísérletek lefolytatásához.



6. ábra. Az első elkészült munkadarab

3.1. Hatching és top length hatásának bemutatása, 316L anyag esetén

A darabok leválasztási nyomatékainak eredményei a 3. táblázatban láthatók. A munkadarabok lecsavarása során tapasztaltuk azt a jelenséget, hogy az egyes támasz struktúrák különböző módokon szakadnak el. Egyes darabok a kívánt helyen, a fogazással való kapcsolódás helyén válnak el, addig mások (amennyiben túl erős a fogazás és gyenge a támasz) a támasz struktúrák különböző szakaszain ronccsolódnak. A 3. táblázatban a különböző színek, ezeket a tönkremeneteli módokat jelentik. A tönkremeneteli módokhoz tartozó jelölési rendszer a 7. ábrán látható.

Hibás mérési paraméterek
Túl gyenge a szupport a gyártáshoz
Fogaknál törés
Középen törés
Platinánál törés
Részben felvált darabok

7. ábra. A különböző tönkremeneteli módokhoz használt színek

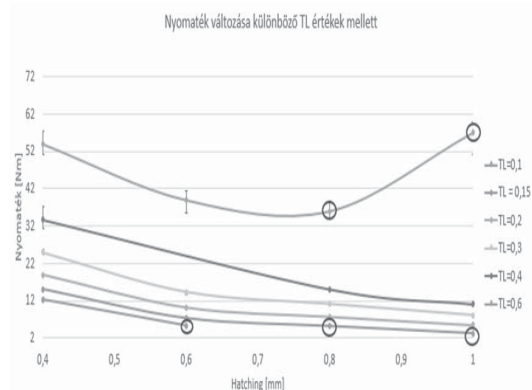
A mérési eredményeket egy beállításhoz tartozóan úgy rögzítettük, hogy minden esetben

a lecsavarás során alulról felfelé haladtunk az azonos sorszámú munkadarabok lecsavarásával. Az így kialakult sorrendben a táblázatban először sorrendben a három mért nyomatékérték található, majd közvetlenül utánuk a három mérés számtani átlaga, Nm-ben megadva.

3. táblázat. 0-s offset mérési eredményei, 316L anyagon

Zoffset = 0 Top length [mm]	Hatching [mm]			
	0,4	0,6	0,8	1
0,1	11,94/11,94/12,7/12,19	4,95/5,4/5,5/5,28		
0,15	15,32/14,6/15/14,97	7,04/7,59/7,14/7,25	5,42/4,7/5,32/5,15	3,05/3,15/3,49/3,23
0,2	18,7/19,24/18,64/18,86	10,22/10,14/10,22/10,19	7,66/7,48/8,03/7,72	5,32/5,38/5,86/5,52
0,3	25,58/24,25/24,92	14,56/14,69/13,69/14,31	11,16/11,29/10,8/11,08	7,47/8,5/8,26/8,08
0,4	37,2/32,25/31,3/33,58	44,79/42,21/42,62/43,25	15,5/14,4/15,1/15	11,28/11,48/10,19/10,99
0,6	57/50,9/53,95	40,25/35,42/41,18/38,95	38,6/35,5/34,2/36,1	59,5/59,7/51/56,73

A mérési eredményekből látható az a két cella, melyeket nem tudunk lemérni a munkadarabok felválása miatt, valamint azok a beállítások is, melyek mellett a gyártás után jeleztük, hogy a csavarok részben felváltak. Továbbá látható egy paraméterszett, ahol a munkadarab támasz struktúra hibásan került beállításra, így a mért érték nem megfelelő és nem felhasználható a mérések feldolgozásához. A mérési eredményeket ábrázoltuk a hatching függvényében állandó top length értékek mellett, valamint a top length függvényében állandó hatching értékek mellett. Ezek a diagramok az eredménytáblázat egy-egy sorának, valamint oszlopának eredményeit mutatják. A mérési eredmények között a hibásan mért munkadarabot nem vettük figyelembe. Fontos továbbá, hogy az egyes mérések terjedeleme is megtalálható az egyes görbéknel, valamint pirossal bekarikáztattak azok a mérési eredmények, amelyek a mérés határát jelölik. Ezek voltak azok a darabok melyek részben elváltak, vagy nem a kívánt helyen törtek el.



8. ábra. Hatching változásának hatása a leválasztási nyomatékokra diszkrét top length értékek mellett, 316L anyag esetén

Ahogy a mérési eredményekből is látható, a hatching paraméter növelése esetén a támasz struktúrák gyengülnek és a leválasztási nyomaték is csökken, hiszen a támasz struktúrák falainak távolsága nő. Szintén észrevehető következtetés, hogy a top length értékének csökkentése esetén jelentős mértékben lecsökken a lecsavarási nyomaték. Ugyanakkor a pirossal bekarikázott értékeknél látható, hogy a top length 0,6 mm-es érték mellett, ha a támasz stuktúrák hatching értéke megnövekszik, akkor a támasz struktúrák már gyengébbek a lecsavaráskor, mint a támasz struktúrák és munkadarab kapcsolódása. Ezek, valamint a gyártáshoz egyértelműen gyenge támasz struktúrák jelentik a nyomtathatóság „határait” a szupportálás szempontjából. A mért nyomtatékértékek növekedésével az egyes mérések terjedelme is megnövekedett.

A mérési eredményekből továbbá kiszámítható a munkadaraboknak a támasz struktúrához kapcsolódó felületükre vetített leválasztási nyomatékcsükségletét. A kapcsolódó fogak számából és a top length értékből meghatározhatjuk, hogy a darabok mekkora felületen érintkeznek a támasz struktúrákkal. Ha a kapcsolódó felület nagyságával leosztjuk a mért lecsavarási nyomatékot, akkor felületegységre vonatkoztatva is megadható az egyes támasz struktúrák fajlagos szilárdsága.

A falvastagság, melyekkel a támaszok rendelkeznek a gyártás során 0,01 mm volt. Az egyes típusokhoz tartozó támaszfelületeket a 4. táblázatban láthatjuk.

4. táblázat. A munkadarabok és támaszok kapcsolódó felületének nagysága

Hatching mértéke (mm)	Top length (mm)					
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,6
0,4	0,696 mm ²	1,044 mm ²	1,392 mm ²	2,088 mm ²	2,784 mm ²	4,176 mm ²
0,6	0,463 mm ²	0,6945 mm ²	0,926 mm ²	1,389 mm ²	1,852 mm ²	2,778 mm ²
0,8	0,348 mm ²	0,522 mm ²	0,696 mm ²	1,044 mm ²	1,392 mm ²	2,088 mm ²
1	0,288 mm ²	0,447 mm ²	0,596 mm ²	0,894 mm ²	1,192 mm ²	1,788 mm ²

A top length és a hatching paraméterek mm-ben értendők, a többi érték mm²-ben. Az értékekből látható, hogy az egyre sűrűbb „rácsozás” és egyre nagyobb top length érték

eredményezik a legnagyobb kapcsolódási felületet. A kapcsolódó felületek nagyságából, valamint a lecsavarási nyomatékok átlagos értékeiből kiszámíthatóak az egyes esetekben kapott fajlagos nyomatékot, melyek az 5. táblázatban láthatók.

5. táblázat. Fajlagos nyomaték értékek, 316L anyag esetén (Nm/mm²-ben)

Top length (mm)	Fajlagos nyomatékcsükséglet	Hatching (mm)			
		0,4	0,6	0,8	1
0,1	17,51 Nm/mm ²	11,40 Nm/mm ²	-	-	
0,15	14,34 Nm/mm ²	10,44 Nm/mm ²	9,86 Nm/mm ²	7,23 Nm/mm ²	
0,2	13,55 Nm/mm ²	11 Nm/mm ²	11,09 Nm/mm ²	9,26 Nm/mm ²	
0,3	11,93 Nm/mm ²	10,30 Nm/mm ²	10,61 Nm/mm ²	9,04 Nm/mm ²	
0,4	12,06 Nm/mm ²	23,35 Nm/mm ²	10,78 Nm/mm ²	9,22 Nm/mm ²	
0,6	12,83 Nm/mm ²	14,02 Nm/mm ²	17,29 Nm/mm ²	31,73 Nm/mm ²	

A fajlagos nyomatékot a táblázatban Nm/mm² mértékegységben értendők. A számított értékek számtani átlaga (amennyiben a nem a fogazásnál elvált darabokat nem vesszük figyelembe), 11,75 Nm/mm², illetve e számított értékek szórása pedig 2,26 Nm/mm² volt [4, 6].

3.2. Z-offset hatásának bemutatása 316L anyag esetén

A korábban bemutatott eredmények mindegyikét azonos z-offset paraméter beállítással végeztük el, ez az érték 0 mm volt. Az irodalom alapján azonban, fontos lehet ennek a paraméternek a hatása is a nyomtatott darabokra, mivel azonos típusú támaszstruktúrák használata mellett a duplán szkennelt terület akár nagymértékben megnövelheti a leválasztási nyomaték igényt. Ezek alapján lehetséges akár ritkább fogazás alkalmazásával, azonos leválasztási szilárdság elérése. Ennek vizsgálatára végeztünk el, két platform próbatesteinek gyártását, ahol a z-offsetet +0,04 mm-re, illetve -0,04 mm-re állítottuk. Ezáltal vizsgáltuk, e paraméternek milyen hatása van a lecsavarási nyomatékot értékeire. Elméletünk szerint a +0,04 mm-es offset, azaz ahol a támasz struktúrához képest még 2 rétegen keresztül duplán szkenneli a támasz keresztmetszetét a darabokban a lézer, megnöveli a leválasztási nyomatékot, míg ellenkező esetben könnyebb leválasztást tesz lehetővé. A vizsgálatok eredményei itt is színekkel vannak jelölve, a korábbi módszer alapján (6. és 7. táblázat).

A mért értékekből látható, hogy azonos paraméterekkel sem a +2 réteges offset, sem a

-2 réteges beállítású nem eredményez szignifikáns különbségeket a mért nyomatékokban. Bizonyos esetekben az elméletileg gyengébb támaszt eredményező támasz struktúra paraméterek nagyobb leválasztási nyomatékot biztosítottak, mint az elméletben erősebbek. Ez alapján, ilyen mértékben beállított offset paraméterek mellett a mérés bizonytalansága nagyobb, mint a paraméter állításának hatása a mért értékekre [6].

6. táblázat. Csavarási nyomatékok +2 Z-offsetnél, 316L anyagon

Zoffset = +2	Hatching (mm)			
Top length (mm)	0,4	0,6	0,8	1
0,1		4,7/5,02/4,84/4,85		
0,15	15,38/15,12/13,58/14,69	7,45/7,76/6,74/7,31	5/5,26/5,39/5,22	2,75/3,65/2,88/3,09
0,2		10,02/10,24/10,82/10,36		
0,3		15,72/14,8/14,2/14,89		
0,4				
0,6		43,36/36,58/41,53/40,49		

7. táblázat. Csavarási nyomatékok -2 Z-offsetnél, 316L anyagon

Zoffset = -2	Hatching (mm)			
Top length (mm)	0,4	0,6	0,8	1
0,1		4,36/4,9/5,82/5,03		
0,15	16,02/14,84/14,52/15,13	6,96/7,49/6,48/6,98	4,89/4,57/5,36/4,94	2,92/3,45/3,47/3,28
0,2		10,27/11,694/10,3/10,75		
0,3		15,18/14,72/14,56/14,82		
0,4				
0,6		36,84/37,23/35,64/36,57		

A mérési eredmények alapján látható, hogy a hatching és top length paraméterek befolyásolják leginkább a modell-szupport kapcsolat erősségét. A Z-offsetnek az irodalmi adatokkal ellentétben a vizsgált tartományban alig van hatása [6].

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A támasz struktúrák paramétereinek vizsgálata során 316L alapanyagra meghatároztuk a technológiai határokat, melyekkel a támaszok elkészíthetők az egyes munkadarabokhoz. Ezek az eredmények lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy pontosan válasszanak támasz struktúrát a saját munkadarabjukhoz aszerint, hogy milyen erősségű megfogásra van szükség egy modell különböző felületein [4, 6].

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] M_Basic-training_Data-preparation_04-17_en.pdf, EOS forrásból származó anyag, 2018
- [2] M100_Machine_05-17_en.pdf, EOS forrásból származó anyag, 2018
- [3] M2 - Application.pptx, EOS forrásból származó anyag, 2018
- [4] Varga Ferenc László, Lézeres additív gyártás technológiájának elemzése, BME, GJT-M-G-2018-05
- [5] Kóczán Péter, Lézeres additív gyártás technológiájának vizsgálata, BME, GJT-M-G-2019-01
- [6] Bartha Gergő, SLM eljárás szupportálásának és szimulációjának vizsgálata, BME, GJT-M-J-2019-03

6. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A projekt a Nemzeti Kutatási és Innovációs Hivatal támogatásával, az NKIH Alapból valósul meg, a projekt címe: „Egyénre szabott orvos-biológiai implantátumok és segédeszközök új generációs gyártási folyamatának kidolgozása additív technológiákra” NVKP_16-1-2016-0022
A kidolgozók köszönik a támogatást.

Külön köszönetet érdemel Bartha Gergő, BME GJT MSc-s hallgatója, aki nagy részt vállalt a vizsgálatok elvégzésében és kiértékelésében.

CONTENTS

1. *Acél Artúr Benjámin, Falk György,
Dr. Takács János:
DESIGN AND QUALITY ASSURED
PRODUCTION OF FREE FORM METAL
PROSTHESES BY SELECTIVE
LASER MELTING 5*
2. *Bakosné Diószegi Mónika, Pelle György Tamás:
DEVELOPMENT OF A LABORATORY
BIOGAS REACTOR 12*
3. *Dr. Czifra György, Hervay Péter,
Varró Csaba, Mészáros Béla:
EXPERIENCES WITH THE
PROJECT BASED LEARNING 17*
4. *Dr. Ficzeré Péter, Dr. Borbás Lajos:
POSSIBILITY OF CHOOSING INTELLIGENT
PRODUCTION PARAMETERS
IN ADDITIVE MANUFACTURING
TECHNOLOGIES 25*
5. *Horváth Richárd, Fábíán Enikő Réka,
Nagy András István, Terek Pál:
CUTTING OF THE CORROSION-RESISTANT
SUPER DUPLEX CAST STEEL WITH
PVD LAYERED HARTMETAL
CUTTING TOOL INSERT 29*
6. *Jónás Szabolcs, Kovács Péter Zoltán:
EXPERIMENTAL AND NUMERICAL
INVESTIGATION OF CLINCH JOINTS
– EFFECTS OF THE PUNCHING TOOL'S
GEOMETRY ON THE JOINTS 35*
7. *Dr. Pesti László, Németh Péter:
MANUFACTURE OF HIGH PURITY
ALUMINUM CASTINGS 40*
8. *Sztankovics István, Kundrák János:
CUTTING FORCE ALTERATION
IN FUNCTION OF THE FEED
IN ROTATIONAL TURNING 43*
9. *Vajda Márk Zsolt, Dr. Rádics János Péter:
DEVELOPMENT OF A PIN-ON-PLATE
TRIBOMETER FOR COMPARATIVE
TESTING OF TILLAGE TOOLS 47*
10. *Varga Ferenc László, Dr. Markovits Tamás:
INVESTIGATING THE EFFECT OF
THE SUPPORT TOOTH IN CASE
OF SLM TECHNOLOGY 51*

GÉP

INFORMATIVE JOURNAL

for Technics, Enterprises, Investments, Sales, Research-Development, Market of the Scientific Society of
Mechanical Engineering

Dr. Döbröczöni Ádám

President of Editorial Board

Vesza József

General Editor

Dr. Jáрмаi Károly

Dr. Péter József

Dr. Szabó Szilárd

Deputy

Dr. Barkóczi István

Bányai Zoltán

Dr. Beke János

Dr. Bercsey Tibor

Dr. Bukoveczky György

Dr. Czitán Gábor

Dr. Danyi József

Dr. Dudás Illés

Dr. Gáti József

Dr. Horváth Sándor

Dr. Illés Béla

Kármán Antal

Dr. Kalmár Ferenc

Dr. Orbán Ferenc

Dr. Pálincás István

Dr. Patkó Gyula

Dr. Péter László

Dr. Penninger Antal

Dr. Szabó István

Dr. Szántó Jenő

Dr. Szűcs Edit

Dr. Tímár Imre

Dr. Tóth László

Dr. Varga Emilné Dr. Szűcs Edit

Dr. Zobory István

DEAR READER,

On the 30th of January this year, the GTE Construction Division held the 5th Conference on the Professional Culture of Mechanical Engineering. The organization of our conference for the 5th time demonstrates the need to bring together the professionals of the Mechanical Engineering Culture.

For the first time in the plenary session, Dr. Krisztina Bárdos, Strategic Director of GTE outlined the new directions of GTE. After that 3 lectures were given. There were 24 presentations in 2 parallel sections. In addition to the 55 registered participants, 4 exhibiting companies supported the quality of the conference.

The mechanical engineering culture encompasses all the methods, processes, techniques employed by the participants in the engineering innovation process. The first of the plenary presentations addressed the role of Artificial Intelligence in education. The second lecture presented an internationally important test track for the automotive industry, mainly for self-driving vehicles, built on the border of Zalaegerszeg. The third lecture presented the development of an innovation culture with regard to rail braking systems.

The section lectures were held in 2 sections and 4 topics:

- 1A. Section: Measurement, experimentation, examination. Some lectures on measuring, testing and examination have been made in the field of earthworks tools, rail and road vehicles.
 - 1B. Section: Education, Industry4.0, Manufacturing. There were 2-3 interesting lectures on several topics in the section.
 - 2A. section: 3D printing, additive manufacturing. First, we had a production science lecture. Then there were 4 lectures on the topic, mostly in the fields of metal powder printing.
 - 2B. Section: Construction. In this section, in addition to the simulations used in the field of construction work, some of the work of the speakers is presented. A presentation about the location, future and domestic production of electric buses.
- Based on the success of our conference, we plan to have the VI. Professional Culture of Mechanical Engineering Conference in 2021.
- We thank the sponsors of our conference:
- MTA Department of Engineering Sciences, Scientific Committee on Mechanical Engineering,
 - BME Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine and Product Design,
 - Knorr-Bremse Railway Vehicle Systems Ltd.,
 - eConEngineering Ltd.,
 - SZTAKI Computer and Automation Research Institute.

István Weszely
Secretary of the Conference

Managing Editor: Vesza József. Editor's address: 3534 Miskolc, Szervezet utca 67.

Phone/fax: (+36-46) 379-530, (+36-30) 9-450-270 • e-mail: mail@gepujsag.hu

Published by the Scientific Society of Mechanical Engineering, 1147 Budapest, Czobor u. 68., Postal address: 1371, Bp, Pf. 433

Phone: 202-0656, Fax: 202-0252, E-mail: a.gaby@gteportal.eu, Web: www.gteportal.eu

Web: http://www.gepujsag.hu * Kereskedelmi és Hitelbank: 10200830-32310236-00000000

Publisher: Dr. Igaz Jenő, Managing Director

Gazdász Nyomda Kft. 3534 Miskolc, Szervezet u. 67. Telefon: 06-46/379-530 • e-mail: gazdasz@chello.hu

Distributed to subscribers by Magyar Posta Zrt, Postal address: 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered at any Hungarian post office, from postmen, from the link: www.posta.hu WEBSHOP

(https://eshop.posta.hu/storefront/), via e-mail: hirlapelofizetes@posta.hu, by phone: 06-1-767-8262, or mail to: MP Zrt. 1900 Budapest

Subscription: subscription can be ordered from overseas and to overseas at Magyar Posta Zrt. Visit: www.posta.hu WEBSHOP (https://eshop.posta.hu/storefront/), mail to: 1900 Budapest, 06-1-767-8262, or hirlapelofizetes@posta.hu

Domestic subscription prices are: HUF 1,260 a single copy and HUF 2,520 a double copy.

INDEX: 25 343

ISSN 0016-8572

The published articles have been reviewed.

The publication is supported by the National Cultural Fund of Hungary

	1B. szekció: Oktatás, Ipar 4.0, gyártás		2B. szekció: Konstrukció	
	<i>Szekció elnök: Dr. Voith András</i>		<i>Szekció elnök: Dr. Molnár Sándor</i>	
14:00	<i>Dr. Nádasi Ferenc - Dr. Keszi-Szeremlei Andrea; DUE</i>	Value Manegement oktatásának támogatása on-line tananyag felhasználásával	<i>Bakosné Diósze-gi Mónika - Pelle Görgy Tamás; ÓE Bánki Donát kar</i>	Laboratóriumi biogáz reaktor fejlesztése
14:20	<i>Dr. Czifra György - Hervay Péter - Varró Csaba -Mészáros Béla; ÓE Bánki Donát kar</i>	A projekt alapú oktatás tapasztalatai	<i>Dr. Molnár László; eCon Engineering Kft.</i>	Termékfejlesztés, termékbiztonság ANSYS szimulációs bázison
14:40	<i>Tóth Norbert - Garamvölgyi Ernő; Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közh. Non-profit Kft.</i>	Dolgozói képességek hatásvizsgálata Ipar 4.0 alapokon	<i>Metál Attila; Knorr-Bremse Vasúti Jármű Kft.</i>	Új generációs vezérlőpanel tervezése
15:00	<i>Dr. Hegedűs József</i>	Az Innovációs folyamatok elemi tényezőinek fejlesztése az értékelemzés felhasználásával	<i>Balogh Gábor; BYD Electric Bus & Truck Hungary Kft</i>	Az elektromos járművek helye, jövője, tervezés és üzemeltetés, energiaforrások kérdései, különös tekintettel az autóbuszokra.

15:20-15:40 Kávészünet

15:40	<i>Dr. Pesti László - Németh Péter; Ecseri Kft.</i>	Nagytisztaságú autóiipari alumínium öntvények előállítása	<i>Halász Béla - Petus Róbert; Knorr-Bremse Vasúti Jármű Kft.</i>	Additív gyártástechnológia a Knorr-Bremse Budapest szolgálatában Additív gyártástechnológia a Knorr-Bremse Budapest szolgálatában
16:00	<i>Sztankovics István - Kundrák János; ME</i>	A forgácsoló erő változása az előtolás függvényében rotációs esztergálásnál	<i>Vancsay György - Száraz Kálmán; Knorr-Bremse Vasúti Jármű Kft.</i>	APR – robusztus szerelési folyamat kialakítása a Knorr-Bremse-nél
16:20	<i>Horváth Richárd - Fábíán Enikő Réka - Nagy András István; ÓE Bánki Donát kar - Terek Pál; Újvidéki E.</i>	Öntészeti korrózióálló szuper duplex acél forgácsolása PVD bevonatos keményfémleplekkel	<i>Ratatics Gábor; Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft.</i>	Műszaki Műanyagok Alkalmazása és műanyag alkatrészek tervezése a Knorr-Bremse Fékrendszerek Kft-nél

16:45 **A konferencia zárása.** A szekcióelnökök rövid beszámolója, a konferencia értékelése (Weszely István)

